

3D-VIILU SEKÄ JOUSTAVA PUULEVY

Kehitys ja muotopuristus

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Puutekniikan koulutusohjelma
Opinnäytetyö
Kevät 2015
Teemu Helminen

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö tehtiin Lahdessa 2013–2015. Työ on osa Lahden ammattikorkeakoulun Puutekniikan koulutusohjelmaa.

Opinnäytetyöni ohjaajana toimi Puutekniikan vastuuopettaja Jari Suominen.

Haluan kiittää hänen lisäksi kaikkia henkilöitä, jotka ovat auttaneet minua työni valmistumisessa.

Lahdessa 23.4.2013

Teemu Helminen

Lahden ammattikorkeakoulu
Puutekniikan koulutusohjelma

HELMINEN, TEEMU: 3D-viilu sekä joustava puulevy
Kehitys ja muotopuristus

Puutekniikan opinnäytetyö, 37 sivua, 0 liitesivua

Kevät 2015

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää rakenteeltaan uudenlainen puupohjainen muotopuristettava materiaali sekä selvittää sen taipumista muottien avulla. Opinnäytetyö on osa Puurikastamon PUM-osahanketta, jonka ”Monialaiset rakenteet puutuotteiden valmistamiseen ja tehokkuuden lisäämiseen” -osio kehittää ja testaa uusia tuotteita ja tuoterakenteita. (PUM 2013)

Hankkeen tarkoituksena oli selvittää laboratoriokokeilla menetelmiä, raaka-aineita, tuotanto-olosuhteita sekä työkalurakenteita, joita voidaan soveltaa tuotantoon. (Päijät-Hämeen liitto 2015.) Tavoitteena hankkeessa oli puualan tutkimus- ja tuotekehitys yhteistyön muodostaminen muiden osahankkeiden ja toimijoiden kanssa, minkä lisäksi tarkoituksena oli kehittää Lahden ammattikorkeakoulun huonekalu- ja kalustealan testauslaboratorion palveluja (PUM 2013).

Opinnäytetyön aikana kehitettiin kaksi materiaalia: Joustava puulevy on vaneripohjainen ja sen taipuminen on mahdollistettu kuviotyöstöllä sekä joustavalla liima- ja tiivistemassalla. Toisena materiaalina kehitettiin 3D-viilu, jossa ydinmateriaalina on joustava muovi ja molemminpuolisina pintoina puuviilut. Puuviiluihin on laserilla työstetty sama kuusikulmiokuvio kuin joustavassa puulevyssä ja tämä mahdollistaa 3D-viilun taipumisen.

Asiasanat: taivutus, muotopuristus, puu-muovikomposiitti, 3D-muotoilu, ideointi, tuotekehitys, viilu, testaukset

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Wood Technology

HELMINEN, TEEMU:

3D veneer and flexible
wooden board
Development and form
pressing

Bachelor's Thesis in Wood Technology, 37 pages

Spring 2015

ABSTRACT

The purpose of this study was to develop a wood-based material with a new kind of structure, as well as to find out its bending properties by using molds. This thesis is part of the PUM-subproject of Puurikastamo, which aims at developing and testing new wood products and product structures.

The objective of the project is to use laboratory tests to examine the methods, raw materials, production conditions and tool structures which can be applied to production.

One aim of the project is to advance the Research & Development co-operation with other sub-projects and actors, but also to improve the services that the testing laboratory of Lahti University of Applied Sciences offers to the furniture industry.

During the thesis two materials were developed. One is a flexible wooden board, which is plywood-based and the deflection is enabled with hexagon-routing and polyurethane sealing mass. The other material developed for the thesis is 3D veneer, where the core is made of flexible plastic and the surfaces are veneer sheets. Both surfaces of the 3D veneer are laser machined and have the same hexagon pattern as the flexible wooden board, which enables bending.

Key words: bending, compression, wood-plastic composite, 3D design, ideation, product development, veneer, testing

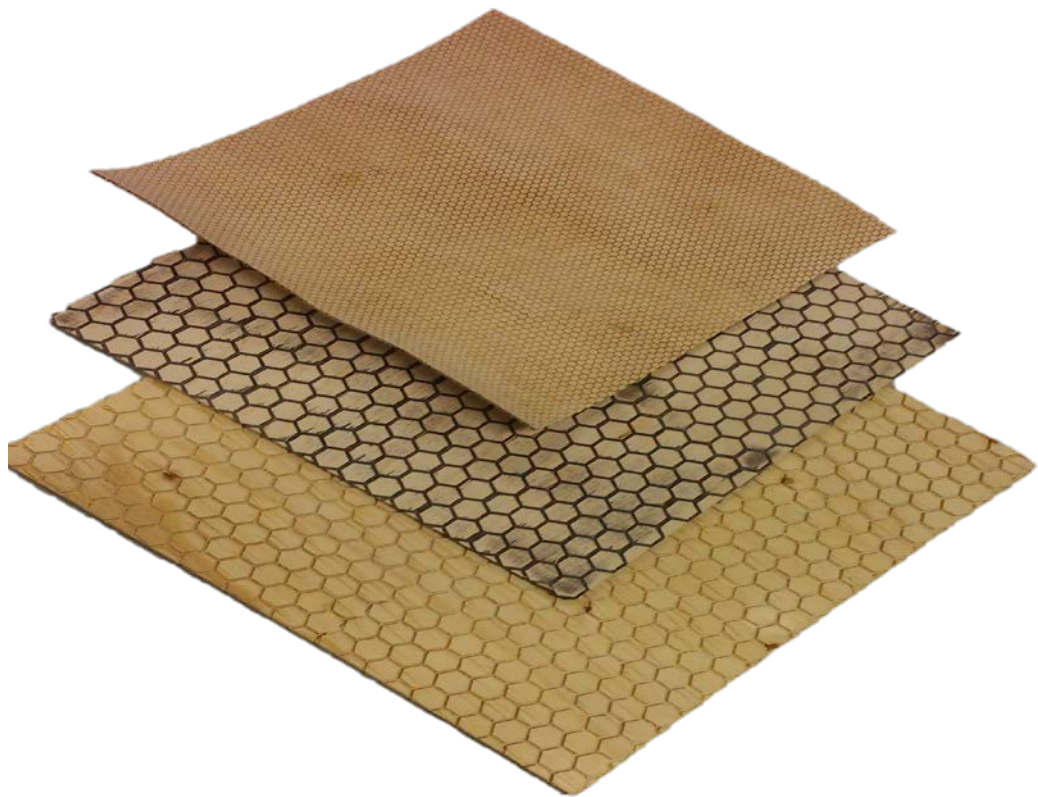
SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TUOTEKEHITYS	2
2.1	Tuotekehitysprosessi	3
2.1.1	Ideointi	3
2.1.2	Käynnistäminen	3
2.1.3	Luonnostelu	4
2.1.4	Kehittely	4
2.1.5	Viimeistely	5
3	KOKEELLINEN TUOTEKEHITYS	6
3.1	Innovaatio	6
3.2	Ideointimenetelmät	7
3.2.1	Aivoriihi	7
3.2.2	Synektiikka	7
3.2.3	Muuntelumenetelmä	8
4	OPINNÄYTETYÖN TUOTEKEHITYSPROSESSI	9
4.1	Joustava puulevy	9
4.1.1	Kennorakenteet	10
4.2	Materiaalit	11
4.2.1	Paksuviilurakenne	11
4.2.2	6 mm:n koivuvaneri ja liima- ja tiivistemassa	12
4.2.3	Puristusmuotti	13
4.2.4	Ensimmäinen puristusmalli	14
4.3	3D-viilu	15
4.3.1	Materiaalit	15
4.3.2	3D-viilun valmistusprosessit	17
4.4	Lasertyöstö	21
4.4.1	Laserleikkaus	21
4.4.2	Laserleikkauksen tehonsäätö	22
5	TESTAUKSET JA KOKEILUT	24
5.1	Puustamurtumatesti liima- ja tiivistemassalle	24
5.1.1	Testitulokset yhteenpuristetulla saumalla	25

5.1.2	Testitulokset kahden millimetrin saumalla	27
5.2	3D-viilujen muotopuristuskokeilut	29
6	3D-VIILUN TUOTEPROTOTYYPIT	31
6.1	Kulho	31
6.2	Kengänpohjallinen	32
6.3	Näytepalat Lahden ammattikorkeakoululle	33
7	YHTEENVETO	34
7.1	Rakenteet	34
7.2	Lopputulema	34
	LÄHTEET	36

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Lahden ammattikorkeakoulussa käynnissä olevalle tutkimushankkeelle, jonka tarkoituksena on kehittää helposti taivutettava puumuovimateriaali (KUVIO 1), joka pitää muotonsa ja jolla olisi suurimmaksi osaksi puun alkuperäiset lujuusominaisuudet. Rakenteen alkuperäinen idea tuli Lahden ammattikorkeakoulun Puutekniikan lehtorilta, Jari Suomiselta, joka on mukana Puurikastamo (PuuRi) -hankkeessa. Opinnäytetyö liittyy PuuRi-hankkeen osahankkeeseen, PUM - Monialaiset rakenteet puutuotteiden valmistamiseen ja tehokkuuden lisäämiseen, mikä kehittää ja testaa uusia tuotteita ja tuoterakenteita. (PUM 2013.)



KUVIO 1. Taivutettavan puulevyn ja 3D-viilun kehitys, alimmaisena ensimmäinen prototyyppi

2 TUOTEKEHITYS

Tuloksellinen tuotekehitys on yrityksen keskeisimpiä toimintaedellytyksiä. Ilman jatkuvaa tuotekehitystä yrityksen tuotteet vanhenevat, mikä johtaa myynnin laskuun ja ajan kuluessa loppumiseen. Tuotteen elinkaaren pituus vaihtelee voimakkaasti kausi- ja muotituotteiden lyhyistä myyntijaksoista teollisuuden investointituotteiden huomattavasti pidempiin myyntijaksoihin.

Tuotekehitys tähtää uuden tuotteen syntymiseen tai olemassa olevan tuotteen ominaisuuksien parantamiseen. Toimintana tuotekehitys on monivaiheinen prosessi (KUVIO 2), johon sisältyy ideointia, markkinatutkimusta, kehityshankkeen suunnittelua ja sen käynnistämistä, tuotteen luon-nostelua, tarkempaa suunnittelua sekä valmistustavan kehittämistä. (Jokinen 2001 9-10.) Näiden lisäksi tuotekehitysprosessiin voi sisältyä tuotesuojauksen, patenttien ja ilmoitusten laatimista.

		Politiikka		
		Sosiologia Psykologia		
		Talouselämä		
Luonnontieteet	Insinööritieteet	Tuotekehitys- toiminta	Teknologia	Tuotanto
		Muotoilu		
		Arkkitehtuuri		
		Taide		

KUVIO 2. Tuotekehitystoiminta kulttuurin ja tekniikan vaikutuksen alaisena. (Jokinen 2001 10)

Tuotekehityksen pohjana on tarve, jonka täyttämiseksi tuote luodaan. Tarve voidaan tuoda kehittäjälle muiden ihmisten toimesta tai tuote voi täyttää kehittäjän oman tarpeen (Hietikko 2008 a 15).

Tuotekehityksessä on tavoitteena täyttää kehitettävälle tuotteelle asetetut vaatimukset parhaimman mukaan. Vaatimuksiin voi sisältyä materiaalikohtaisia, esimerkiksi ympäristö tai lujuusvaatimuksia, sekä ergonomisia että ulkonäöllisiä kohtia, joita kehitettävältä tuotteelta toivotaan löytyvän.

Tuotekehityksessä tarvitaan luovaa mielikuvitusta sekä hyvää luonnontieteiden ja käytännön osaamista. Tuotekehitys voidaan kuvata risteyksenä, jossa kulttuuri ja tekniikka kohtaavat. (Jokinen 2001 9-10.)

2.1 Tuotekehitysprosessi

Tuotekehitysprosessin aikana täytyy miettiä tuotteen valmistustapoja, markkinointia, ekologiaa ja monia muita näkökulmia (Hietikko 2008 a 15). Kun nämä näkökulmat huomioidaan jo tuotekehitysvaiheessa, saadaan tuote sen valmistuttua nopeasti markkinoille tai käyttöön.

Tuotekehitysprosessin vaiheita ovat ideointi, käynnistäminen, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely.

2.1.1 Ideointi

Ideointivaiheessa kehitellään uusia mahdollisia tai mahdottomia ideoita tuotteista, joita yritys voisi valmistaa. Mahdollisia ideointimenetelmiä on monia esimerkiksi aivoriihi, jossa yksi henkilö kirjaa kaikkien muiden nähtäville aivoriihessä syntyneet ideat ja huolehtii, että niitä ei ideointivaiheessa arvioida. Kaikki syntyvät ideat kirjataan ja näistä valitaan jälkikäteen toteuttamiskelpoiset. (Luovaksi 2014.)

Ideoiden kaikkien nähtäville kirjaaminen mahdollistaa sen, että jo syntyneistä ideoista voi toinen ryhmään osallistuva henkilö saada jatkoidean ja näin idea kehittyy.

2.1.2 Käynnistäminen

Tuotekehitys projektin käynnistämisvaiheessa selvitetään kehittämiskustannuksia, markkinointia, mahdollisia tuottoja sekä

työterveys ja ympäristönsuojelullisia kysymyksiä. Näiden selvittyä ja tuloksen ollessa myönteinen tehdään kehityspäätös. Kehityspäätöstä tekemässä olleet henkilöt eivät välttämättä kuulu varsinaiseen tuotekehitystiimiin, minkä vuoksi luonnosteluvaihe käynnistetään tehtävän tarkastelulla. (Jokinen 2001 14.)

2.1.3 Luonnostelu

Luonnosteluvaiheessa tuotteelle määrätään tavoitteet ja vaatimukset, joiden selvittyä vaihe jatkuu ratkaisumahdollisuuksien selvittämisellä. Tässä vaiheessa kehitettävälle tuotteelle haetaan erilaisia toteutusvaihtoehtoja usein käsivaraisten piirustamisen sekä erilaisten ideointimenetelmien avulla.

Luonnostelun perustana on ongelma tai tarve jolle ratkaisu kehitetään. Yleisesti ratkaisu löytyy seuraavien vaiheiden kautta: puutteen havaitseminen, tiedonhaku ja analysointi, tavoitteiden asettaminen, ratkaisuideoiden etsiminen, ideoiden toteutuskelpoisuuden toteaminen, valittujen ratkaisujen testaus ja lopullisen päätöksen tekeminen. Ideoinnissa käytetään hyväksi ongelman jakoa pienempiin osiin, jotka ratkaisemalla kokonaisongelmakin ratkeaa. Ratkaisuvaihtoehtoja pyritään löytämään useampia, jolloin näistä voidaan valita parhaiten tavoite- ja vaatimuslistaan sopiva vaihtoehto. (Jokinen 2001 14,21.)

Luonnokset ovat nykyään kehittyneet käsivaraisten piirustuksista, tarkkoihin sen hetkisiin tietoihin perustuviin tietokonemalleihin, joista on hyötyä tuotteen kehityksen myöhemmissä vaiheissa. Käsivaraistakin luonnostelua kuitenkin käytetään aivan ensimmäisissä piirroksissa hahmottamaan mahdollista muotoa, sekä apuna useamman osan kokoonpanoissa. (Hietikko 2008 b.)

2.1.4 Kehittely

Kehittelyvaiheessa tuotteesta tehdään mittakaavaan piirretty konstruktio, josta nähdään tuotteen yksityiskohdat niin, että viimeistelyvaiheessa

työpiirustusten ja osaluetteloiden teko on selkeää ja yksinkertaista. Konstruktion laatimisessa käytetään apuna edellisessä vaiheessa valittua ratkaisuluonnosta sekä tavoite- ja vaatimuslistaa. Kehittelyn aikana tuotteesta poistetaan heikkoja kohtia, etsimällä näille uusia ratkaisuvaihtoehtoja. Heikkoja kohtia voidaan joutua poistamaan useammassa kierroksissa, joten kehittelyn aikaista konkretisointia tehdään vain niin pitkälle kuin on tarpeellista teknis-taloudellista arviointia varten. Kun konstruktion heikot kohdat on poistettu tarpeeksi hyvin, alkaa yksityiskohtien suunnittelu, jossa haetaan kohtia, joiden optimoinnilla saataisiin tuotteen arvoa parannettua. (Jokinen 2001 90-91.)

2.1.5 Viimeistely

Viimeistelyvaiheessa tuotteesta tehdään lopulliset työpiirustukset, käyttöohjeet, työselostukset ynnä muut tuotteen valmistamisen ja käytön aikana tarvittavat dokumentit. Viimeistelyvaiheessa päätetään käytettävät materiaalit, valmistustapa, pintakäsittely. Tuotteesta tehdään mahdollinen prototyyppi tai nollasarja. Ennen teollista tuotantoa viimeistelyvaiheessa tarkistetaan työpiirustusten ja ohjeiden olevan yrityksen standardien mukaisia ja helposti luettavia. (Jokinen 2001 96-98.)

3 KOKEELLINEN TUOTEKEHITYS

Kokeellinen tuotekehitys perustuu asiakkaan tarpeen tunnistamiseen ja juuri sen täyttämiseen tähtäävän tuotteen kehittämiseen. Kokeellisessa tuotekehityksessä mahdollisista ratkaisumalleista tehdään suoraan prototyyppejä, joiden ominaisuuksia verrataan asiakkaan tarpeisiin. Prototyyppejä tehdään useita, ja ne kehittyvät tuotekehitysprosessin aikana kohti lopullista tuotetta, mikä laitetaan tuotantoon. Kokeellinen tuotekehitys aloitetaan asiakkaan tarpeesta, joten kehitettävällä tuotteella ei ole tarkkoja rajoja tai tietoja syntyvästä tuotteesta. (Haapalainen & Lindman 2011 10.) Tämä mahdollistaa innovatiivisen toiminnan tuotekehityksen aikana ja antaa mahdollisuuden tuotteiden kehittymiselle osakokonaisuus kerrallaan.

Kokeellisen tuotekehityksen prosessi aloitetaan kysymyksellä: Olisiko tämä jotenkin mahdollista? Yleisesti tuotekehitys esitetään melko suoraviivaisena, vaiheittaisena prosessina, kuten edellisessä kappaleessa ideoinnista viimeistelyyn, näiden vaiheiden välillä tehdään päätös jatketaanko valitun mallin kehitystä.

Kokeellisessa tuotekehityksessä sen sijaan ideointi jatkuu prototyyppien tekemisen aikana ja uuden idean syntyessä, mahdollisesta toteutustavasta tai rakenteesta, toteutetaan seuraava prototyyppi. Toisin sanoen kokeellisessa tuotekehityksessä vaiheet eivät seuraa toisiaan lineaarisesti vaan voivat olla rinnakkaisia. (Haapalainen & Lindman 2011 11-13.)

3.1 Innovaatio

Kokeellinen tuotekehitys mahdollistaa innovaatioiden syntymisen tuotekehityksen aikana. Innovaatio voi olla tapa toteuttaa jokin tuotteen osakokonaisuus tai kokonaan uusi tuote.

Innovaatioiden syntyyn tarvitaan osaamista, tietoa ja kykyä yhdistellä näitä käänteentekevällä tavalla. Usein innovaatio tunnistetaan vasta sen syntymisen jälkeen, sillä sen alku voi olla arkipäiväisessä kehittämisessä

ja ongelmien ratkomisessa. Innovaatioiden syntymiseen tarvitaan vapautta kokeilla asioita yleisten menetelmien ulkopuolelta. (inno-vointi 2015.)

3.2 Ideointimenetelmät

Ideointimenetelmissä lähtökohtana on tunnistaa olemassa oleva ongelma jolle voidaan ja pitää tehdä jotakin. Kun ongelma on tunnistettu, sille aletaan etsiä mahdollisia ratkaisuja, joiden toimivuutta kokeellisessa tuotekehityksessä testataan prototyyppien avulla. Luovaan ideointiin edellytetään arvosteluvapaata ilmapiiriä, jossa syntyneitä ideoita ei tyrmitä mahdottomina vaan ne jäävät mahdollisiksi ja näin voivat auttaa jatkoideoiden saamisessa. Ideoinnin jälkeen seuraa arvosteluvaihe, jolloin valitaan idea jota lähdetään toteuttamaan prototyyppiksi. Vaarana tässä vaiheessa on hyvien ideoiden hylkääminen. (Välimaa 1994 85-88.) Seuraavissa kappaleissa kerrotaan muutamista ideointimenetelmistä.

3.2.1 Aivoriihi

Aivoriihi on ehkä tunnetuin ryhmätyöskentelymuoto, jossa ryhmä henkilöitä kokoontuu enintään kahdeksi tunniksi. Aivoriihellä on puheenjohtaja, joka huolehtii ilmapiirin pysymisestä otollisena, laukaisee jännitystä ja huolehtii arvostelun pitämisestä poissa aivoriihen aikana. Aivoriihessä arvostelu on kielletty koko kokouksen ajan, mielikuvitukselliset ideat ovat tervetulleita, ideoita halutaan mahdollisimman paljon, syntyneitä ideoita yhdistellään ja parannellaan ja kaikki syntyneet ideat kirjataan näkyville. Aivoriihen aluksi ratkaistava ongelma kuvataan selkeästi, jotta kaikki ideoijat tietävät varmasti mistä on kyse. Ideointia voidaan helpottaa kysymyslistoilla tai vuorottamalla ratkaisujen esittäminen jolloin ideoita saadaan kaikilta osallistujilta. (Välimaa 1994 90-91.)

3.2.2 Synektiikka

Kokoukseen osallistuu 5-8 henkilöä, joista yksi toimii puheenjohtajana ja yksi tuntee ratkaistavan ongelman yksityiskohdat. Kokouksen aluksi

ongelma kuvataan parilla lauseella, sitä analysoidaan, sen taustoja kuvataan ja selvitetään jo tutkittuja ratkaisuvaihtoehtoja sekä ihanneratkaisun, minkä jälkeen aloitetaan aivoriihi, jossa yksinkertaiset ideat löytyvät nopeasti ja ongelma tulee kokouksen osallistujille tutuksi. Seuraavaksi ratkaisulle asetetaan tavoitteita joista ongelman tunteva valitsee yhden ja perustelee valintansa, minkä jälkeen ratkaisuja ideoidaan tähän tavoitteeseen. Kun ratkaisuun on päädytty, ongelman tunteva kertoo miten hän on idean ymmärtänyt ja ilmituo siitä vähintään kolme hyvää puolta. Varjopuolien kohdalla hän pyytää parannuksia yhteen asiaan kerallaan. Näin jatkettaessa puheenjohtaja kirjaa mahdollisen ratkaisun, jota verrataan alkuperäiseen ongelmaan ja niiden kohdatessa kokous päätetään. (Välimaa 1994 92-94.)

3.2.3 Muuntelumenetelmä

Muuntelumenetelmässä pohjana on kysymyslista, jota käytetään jos ideat ovat hyvin samankaltaisia tai juuttunut paikalleen. Kysymyksissä selvitetään esimerkiksi:

- Mikä muu on samanlaista toisella alalla?
- Mitä syntyy jos tehdään päinvastoin, jos osien tai toimintojen järjestystä muutetaan?
- Millainen ratkaisu on, jos siihen yhdistetään useampia toimintoja?
- Millainen se on jos jotakin jätetään pois?

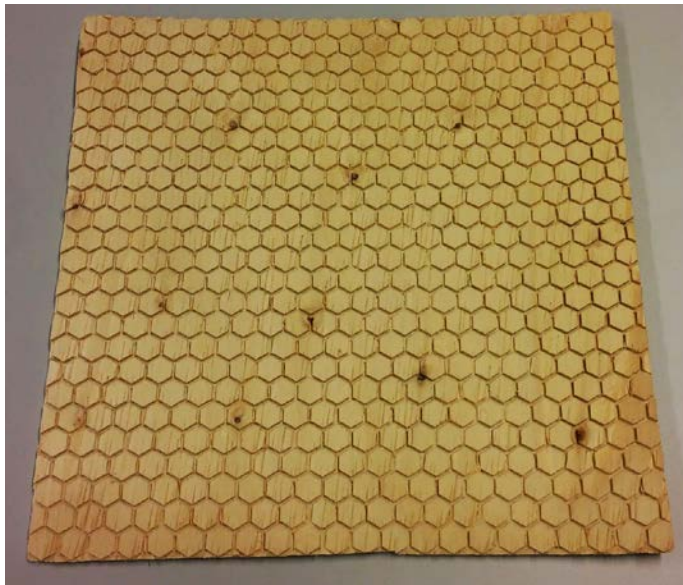
Kysymyslistoja voidaan kehittää juuri omaan alaan soveltuvista kysymyksistä, joilla ideointi saadaan liikkeelle. (Välimaa 1994 91-92.)

4 OPINNÄYTETYÖN TUOTEKEHITYSPROSESSI

Tuotekehitysprosessi alkoi tällä kertaa mahdollisen rakenteen selvittämisestä. Alkuperäinen rakenne muodostui kuusikulmion muotoisista puulevykappaleista, jotka on yhdistetty toisiinsa joustavalla muovilla. Projektin aikana kehitimme neljä eri rakennetta, joista ensimmäisessä käytimme paksuviilua ja muoviverkkoa, toisessa koivuvaneria ja liima- ja tiivistemassaa, kolmannessa materiaalina oli kaksi liima- ja tiivistemassalla yhteen liimattua viilua ja neljännessä ydinmateriaalina toimi PVC-muovi. Ensimmäinen ja toinen rakenne liittyvät Taivutettavan puulevyyn, mikä kolmannen ja neljännen rakenteen aikana kehittyi 3D-viiluksi.

4.1 Joustava puulevy

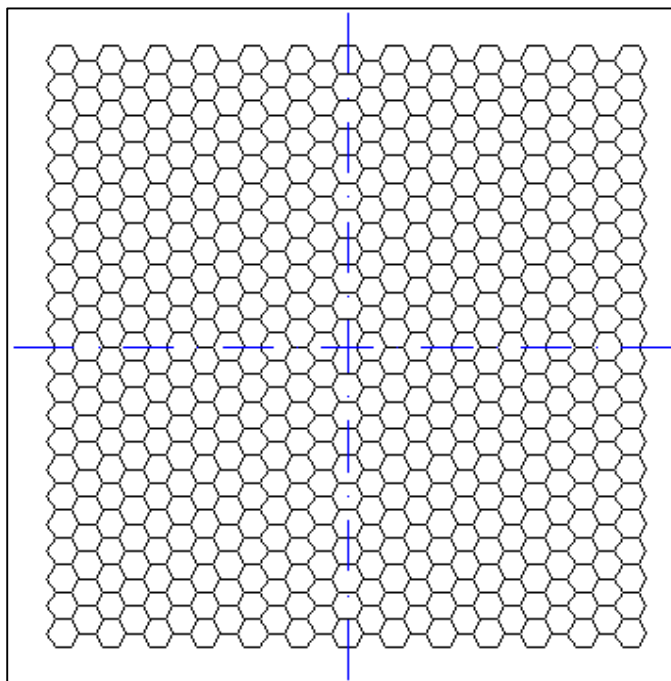
Joustava puulevy (KUVIO3) on koivuvanerilla ja elastisella muovilla toteutettu puumuovikomposiittilevy jonka taivuttaminen onnistuu kylmänä.



KUVIO 3. Joustavan puulevyn ensimmäinen prototyyppi

4.1.1 Kennorakenteet

Heti alussa päätettiin kokeilla kolmea erikokoista rakennetta. Rakenteissa käytettiin 10 mm:n, 15 mm:n ja 20 mm:n halkaisijalla olevia kuusikulmioita. Opinnäytetyön käytännön osuus alkoi näiden rakenteiden suunnittelulla käyttäen AutoCad-ohjelmaa. Kennorakenteita suunnitellessa piti ottaa huomioon niiden symmetrisyys (KUVIO 4), sillä levyn suunniteltu rakenne pakotti työstämään kuvion erikseen aihion molemmille puolille ja urien piti osua kohdakkain. Tämä asetti myös työstössä käytettävälle jigille (KUVIO 5) vaatimuksia paikoituksen suhteen. Kokeilut aloitettiin 10 mm:n kuviolla ja nopeasti huomattiin että, sitä suuremmalla kuviolla ei senhetkistä tavoitetta kannata yrittää saavuttaa, joten 20 mm:n kuvio jätettiin kokonaan työstämättä ja seuraavien kappaleiden kokeet tehtiin levyillä, joissa oli 10 mm:n ja 5 mm:n kuviot.



KUVIO 4. Symmetrisyys



KUVIO 5. Jigi

4.2 Materiaalit

Tässä kappaleessa on tietoa joustavan puulevyn tuotekehityksen aikana käytetyistä materiaaleista yleisellä tasolla.

4.2.1 Paksuviilurakenne

Tuotekehitys aloitettiin käyttäen puumateriaalina kahta 3 millimetrin paksuista viilua (KUVIO 6), jotka liimattiin PVAc-liimalla ristikkäin yhteen ja joiden liimasaumaan laitettiin muoviverkko. Muoviverkon tarkoituksena oli yhdistää jyrsityt palat toisiinsa CNC-työstön jälkeen ja mahdollistaa rakenteen muotoileminen. Näissä aihioissa ongelmaksi muodostui verkon 0,5 millimetrin paksuus, sillä kuusikulmiot täytyi työstää CNC-jyrsimellä vasta liimauksen jälkeen. Tällöin verkko repeytyi, jos terä edes hipaisi verkkoa työstön aikana. Tämän lisäksi verkon kanssa rakennettu aihio täytyi työstää molemmilta puolilta jolloin virhetyöstön mahdollisuus kaksinkertaistui. Puun kosteuselämisen vaikutuksesta myös viilun paksuus saattoi vaihdella viilun eri kohdissa, mikä lisäsi virheen todennäköisyyttä. Näiden toteutusvaiheessa ilmenneiden ongelmien takia projektissa luovuttiin paksuviilurakenteesta ja alettiin miettiä vaihtoehtoisia tapoja tuotteen kehittämiseksi.

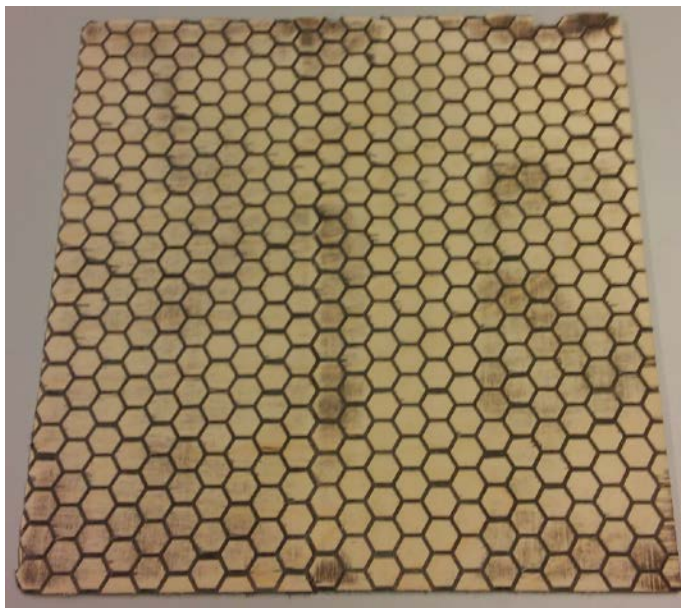


KUVIO 6. Paksuviilut

4.2.2 6 mm:n koivuvaneri ja liima- ja tiivistemassa

Tuotekehityksen seuraavassa vaiheessa päätettiin käyttää puumateriaalina 6 millimetrin paksuista koivuvaneria, jolloin säästyttiin aihioden kasaamiselta. Koivuvaneria käytettäessä työstettiin kuusikulmiokuvio halkaisijaltaan 4 mm tappiterällä ensin vanerin toiselle puolelle, täytettiin syntynyt kennokuvio joustavalla liima- ja tiivistemassalla ja annettiin aihion kuivua yön yli. Tämän jälkeen kuvio työstettiin levyn toiselle puolelle symmetrisesti ensimmäisen puolen kanssa. Työstö oli mahdollista, sillä yön yli kuivunut liima- ja tiivistemassa piti levyn koossa ja tiivisti mahdollisesti levyyn syntyneet reiät. Toisen puolen työstön loputtua täytettiin myös tämä kuvio liima- ja tiivistemassalla ja saatiin joustava, yhtenäisellä rakenteella oleva puu-muovi levy, joka oli mahdollista rullata sisähalkaisijaltaan noin 5 senttimetrin kokoiselle rullalle.

Projektin ollessa näin alkuvaiheessa oli saatu todiste materiaalin rakenteen toimivuudesta. Tällä rakenteella toteutetaan Joustava puulevy (KUVIO 7).



KUVIO 7. Joustava puulevy 15 mm kuviolla

4.2.3 Puristusmuotti

Joustavan puulevyn kehitystä jatkettiin valmistamalla tälle puristusmuotti (KUVIO 8), jolla testattiin levyn taipumista. Muotti suunniteltiin 3D-mallinnusohjelmalla ja ylä- ja alapuolen muottien väliin jätettiin 7 mm:n rako, joka oli prototyypilevyn paksuus pintamateriaalin kanssa. Muotin epäsymmetrisyyden takia siihen suunniteltiin myös kohdistukset metallitapeilla, jotka estivät muotin asettamisen väärinpäin.



KUVIO 8. Joustava puulevy; puristusmuotti

4.2.4 Ensimmäinen puristusmalli

Muotin toimivuutta testattiin ensin Joustavaan puulevyyn ilman pintamateriaaleja, koska tahdottiin tietää taipuuko levy muotin muotoon. Tämän onnistuessa muotin väliin lisättiin kaksi melamiinikalvoa, jotka liimattiin polyuretaaniliimalla joustavan puulevyn ylä- ja alapinnoille. Puristuksessa melamiini taipui muotin muotoon joustavan puulevyn kanssa ja polyuretaaniliiman kovettuessa kalvot estivät levyn palautumisen tasaiseksi. Saimme toteutettua alla olevan astian 10 millimetrin kuviolla olevasta joustavasta puulevystä (KUVIO 9).



KUVIO 9. Joustava puulevy; muotilla taivutettu astia

4.3 3D-viilu

3D-viilu on kahdesta viilusta ja joustavasta keskikerroksesta muodostuva alle 3,5 millimetrin paksuinen puumuovikomposiittirakenne, jonka pintaviiluihin on tehty lasertyöstöllä kuusikulmiokuviointi (KUVIO 10) mahdollistamaan rakenteen taipuminen kuivana ilman hajoamista.



KUVIO 10. 3D-viilu

4.3.1 Materiaalit

Tässä kappaleessa on tietoa 3D-viilun tuotekehityksen aikana käytetyistä materiaaleista yleisellä tasolla: ominaisuuksia, lämmönkestävyyttä ja mahdollisia tuotannon aikana ilmeneviä kemiallisia reaktioita ja näistä mahdollisesti syntyviä haitallisia yhdisteitä.

Koivuviilu

3D-viilun pintamateriaalina käytettiin 0,6 millimetrin paksuista koivuviilua, joka peittää ydinmateriaalin ja antaa 3d-viilulle sen luonnollisen pinnan. Koivua käytetään yleisesti huonekaluteollisuudessa sen helpon työstettävyyden, lujuuden ja kestävyysden takia. Koivuviilun suosiota huonekaluteollisuudessa selittää myös sen tasainen, vaalea värisävy, jonka ansiosta koivun värjääminen on melko yksinkertaista esimerkiksi petsillä, joka jää helposti laikukkaaksi. Koivuviilua käytetään myös taivutetuissa rakenteissa, esimerkiksi Alvar Aallon huonekaluissa. Perinteisellä tavalla taivutusta varten koivuviilut on kostutettava ja lämmitettävä ennen liimaamista, mikä vähentää koivun tikkuuntumista taivutuksen aikana.

Liima- ja tiivistemassa

Polyuretaanipohjainen yksikomponenttinen liima- ja tiivistemassa on pysyvästi elastinen ja kutistumaton massa, joka on tarkoitettu liimaamiseen ja tiivistämiseen. Se ei valu pystysuorillakaan pinnoilla ja on hajuton sekä silikoniton. Kosketuskuivaksi massa kuivuu noin tunnissa ja lopullinen kovuus saavutetaan 24 tunnissa. (Wurth 2004.)

PVC

Polyvinyylikloridi on PE-LD:n jälkeen Euroopan käytetyin muovi. Se on väritön, jäykkä, luja ja lievästi kiteinen muovi jonka tiheys on 1,4 kg/dm³. (Muovimuotoilu 2014.) Lämpötilan noustessa yli 180 °C:n PVC:stä alkaa muodostua vetykloridia ja lämpötilan noustessa yli 200 °C myös muiden haitallisten yhdisteiden määrä nousee merkittävästi (Työterveyslaitos 2011.)

PUR

PVC-kalvon tilalle voisi sopia polyuretaanikalvo, jonka poltossa ei synny haitallisia syövyttäviä yhdisteitä, jotka aiheuttaisivat laitteiden nopeampaa kulumista. (Järvelä 2015.)

UPM grada™ Foil

3D-viilun rakenteessa kokeiltiin UPM grada™ Foil-liimakalvojen käyttöä keskikerroksen liimauksessa. Nämä liimakalvot sulavat ≥ 130 °C lämpötilassa ja muodostavat liimasauman jäähtyessään alle 80°C:seen.

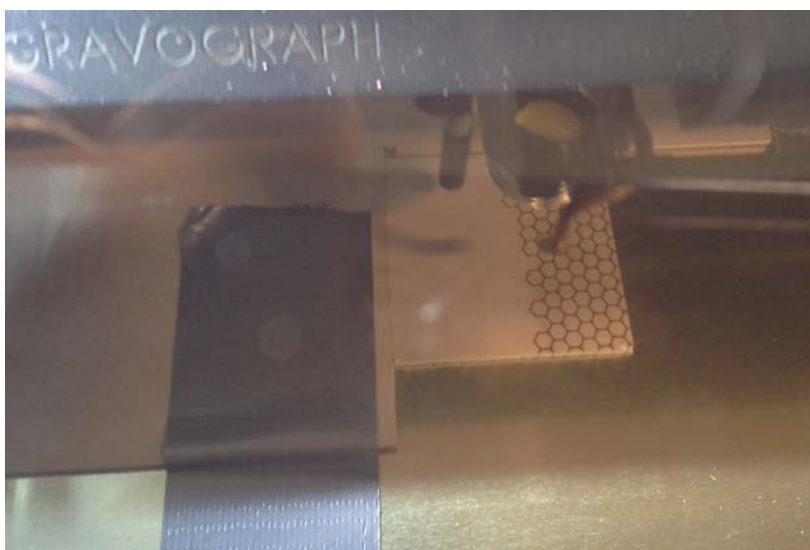
4.3.2 3D-viilun valmistusprosessit

3D-viilun valmistusprosesseja on neljä, sillä ensimmäisissä prototyypeissä ydinmateriaalina oli Taivutettavassa puulevyssä käytetty liima- ja tiivistemassa, joka myöhemmin korvattiin taipuisalla muovikalvolla sekä UPM grada™ Foil-liimakalvoilla.

Koivuviilu ja liima- ja tiivistemassa

Joustavan puulevyn rakennetta kehitettiin viilumaisempaan muotoon toteuttamalla rakenne liimaamalla kaksi viilua yhteen liima- ja tiivistemassalla. Massan levitys tasaiseksi noin kahden millimetrin paksuiseksi kerrokseksi viilujen välille osoittautui vaikeaksi massan jäykkyyden takia, sillä viilut halkesivat helposti massan levitysvaiheessa. Massa levitettiin pursottamalla viilun pinnalle ja levittämällä se ensin lastalla jossa on kolmen millimetrin syvyinen ja levyinen suorakulmainen hammas, jonka jälkeen massa tasoitettiin suoralla lastalla, jotta massaa varmasti on koko levyn alueella. Levityksen jälkeen massan päälle laitettiin toinen viilu syysuunnan ollessa suorakulmaisesti toiseen viiluun nähden ja kakku vietiin puristukseen. Paksuus rajoitettiin kolmeen millimetriin laittamalla puristimen väliin kolmen millimetrin paksuiset listat ja massan annettiin kuivua puristimessa vähintään seuraavaan päivään. Kuusikulmiokuvio tehtiin näihin kolmen millimetrin paksuisiin aihioihin

merkklauslaserilla, joka ei polttanut keskellä olevaa massaa vaan puhkaisi ainoastaan viilun. 10 millimetrin kuviolla pääsimme jo hyvään taipuisuuteen kun kuvio poltettiin 3D-viilun molemmille puolille. Laserin teho oli näissä ensimmäisissä työstöissä 3 % ja liikenopeus 20 % maksimista.



KUVIO 11. 3D-viilu; lasertyöstö 10 millimetrin kuviolla

Viilu ja 0,5 millimetrin PVC-kalvo

Jatkokehityksessä korvattiin tiivistemassa 0,5 millimetrin paksuisella PVC-kalvolla (KUVIO 12), joka liimattiin pintaviiluihin kontaktiliimalla (KUVIO 13)(KUVIO 14). Rakenteen (KUVIO 15) kokonaispaksuudeksi tulee 1,7 millimetriä ja valmistusprosessi helpottui, koska jäykän massan levittäminen jäi pois. 5 millimetrin kuvion lasertyöstö onnistui 100 % nopeudella käyttäen 40 % tehoa. Tällöin viilu puhkeaa varmasti mutta laser ei tee jälkeä PVC-kalvoon ja kontaktiliima pitää viilupalaset hyvin paikoillaan myös rakennetta taivutettaessa. Lasertyöstöä käsitellään tarkemmin luvussa 4.4.

Seuraavissa kuvioissa näkyy järjestys ja työtapa, jolla 3d-viilut tehtiin.



KUVIO 12. Kontaktiliimalla liimoitetaan PVC-kalvot.



KUVIO 13. Kontaktiliimalla liimoitetaan pintaviilut.



KUVIO 14. PVC-kalvot yhdistetään ensimmäisiin pintaviiluihin ja kalvon toinen puoli liimoitetaan.



KUVIO 15. Toinen pintaviilu liimataan PVC-kalvon päälle.

PVC-kalvon liimauksessa kokeiltiin käyttää myös UPM grada™-liimakalvoa, jonka avulla liimauksen vaatimaa aikaa olisi saanut lyhennettyä huomattavasti sekä liimausprosessia helpotettua. UPM grada™-liimakalvoa käytettäessä viiluista, liimakalvoista, ja PVC-kalvosta kasattu kakku lämmitettiin tasopuristimessa 130 °C lämpötilaan, jolloin liimakalvot sulivat ja pääsivät muodostamaan liitoksen PVC-kalvon ja viilun välille. Liiman sulettua levy jäähdytetään puristimessa alle 80 °C lämpötilaan jolloin liima jähmettyy ja muodostaa liimasauman. UPM grada™-liimakalvo ei tarttunut PVC-kalvoon riittävän hyvin, ja viilu irtosi PVC-kalvosta sormin vetämällä, jättäen PVC-kalvoon rasvaiselta tuntuvan pinnan liimakalvon jäädessä pintaviiluihin.

Viilu ja 4 UPM grada™-liimakalvoa

Liimausta kokeiltiin myös käyttämällä neljää UPM grada™-liimakalvoa ja jättämällä PVC-kalvo kokonaan pois, liimaus onnistui tällä tavalla hyvin, mutta PVC-kalvon puuttuminen jäykisti materiaalia huomattavasti, eikä se taipunut kuvioinninkaan jälkeen odotetusti. Lisäksi neljällä UPM grada™-liimakalvolla toteutetun levyn keskikerros oli silmämääräisesti huomattavasti paksumpi kuin PVC-kalvon kanssa toteutetussa rakenteessa.

Viilu ja 2 UPM grada™-liimakalvoa

Neljällä liimakalvolla toteutetussa 3D-viilussa olleiden jäykkyyss- ja paksuusongelmien jälkeen tehtiin saman rakenne kahdella liimakalvolla. Tämä rakenne oli ohuempi, keskikerroksen ollessa samaa luokkaa PVC-kalvon kanssa ja levy oli lasertyöstön jälkeen taipuisampi. Muotoon-taivutuksessa kuitenkin tarvitaan ≥ 135 °C:n lämpöä, mutta jäähtyessään tällä rakenteella tehty 3D-viilu pitää muotonsa ollen edelleen hieman joustava.

4.4 Lasertyöstö

Laser on lyhenne englanninkielisistä sanoista "Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation" Suomeksi "valon vahvistaminen säteilyn stimuloitulla emissiolla". Laservalo poikkeaa tavallisesta valosta siinä, että sillä on yksi tietty aallonpituus, sekä taajuus, amplitudi ja vaihe. Tämän ansiosta laservalo voidaan kohdistaa yhteen erittäin pieneen pisteeseen, joka nostaa pisteen energiatiheyttä, jolloin materiaalin työstäminen mahdollistuu materiaalin sulaessa tai höyrystyessä. (Ryynänen 2012 a.)

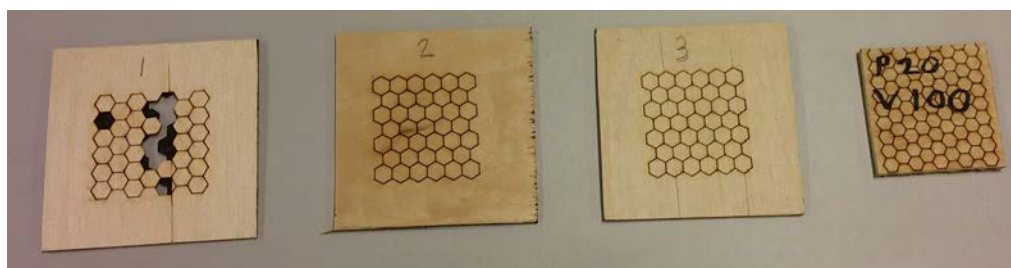
Laserilla voidaan työstää monia erilaisia materiaaleja, kuten terästä, puuta, muoveja, lasia, kiveä ja nahkaa. Työstettävä materiaalivalikoima on kuitenkin laitekohtainen ja riippuu lasersäteen ominaisuuksista. Tyypillisesti laseria käytetään materiaalien merkkaukseen, kaiverrukseen ja leikkaukseen, konepajoilla laserilla toteutetaan myös hitsausta. Lasertyöstö on melko halpaa, sillä suurin osa laitteen kustannuksista muodostuu hankintahinnasta. Lasertyöstö on kosketuksetonta työstöä, jolloin ei synny teräkustannuksia. Ilmajäähdytteisillä laitteilla vähäinen huollon tarve korostuu, sillä niiden ylläpidoksi riittää puhtaanapito. (Hevonkorpi 2012.)

4.4.1 Laserleikkaus

Laserleikkauksen periaate on melko yksinkertainen. Lasersäde tarkennetaan leikkauspäässä olevalla linssillä leikattavan pisteeseen työkappaleen pinnalle, jolloin pisteen suuri energiatiheys höyrystää tai sulattaa pisteessä olevan materiaalin. Leikkausrailon muoto määrätään liikuttamalla leikattavaa materiaalia tai leikkauspäätä. Laserleikkauksen etuja lastuavaan leikkaukseen verrattuna ovat pieni materiaalihukka, tarkkuus, monimutkaisten muotojen leikkaaminen, suuri nopeus ohuilla materiaaleilla sekä vähäinen huoltotarve, sillä kuluvia osia on vähän. Haittoina voidaan mainita paksujen materiaalien epätarkka leikkaus, sillä lasersäteen läpäistessä materiaalin pinnan se alkaa hajota, jolloin leikkausjälki levenee ja mittatarkkuus kärsii. (Ryynänen 2012 b.)

4.4.2 Laserleikkauksen tehonsäätö

Kuten kappaleen 4.2.2 kohdan Viilu ja 0,5 millimetrin PVC-kalvo lopussa mainittiin, oli laserissa käytetty tehoprocentti alussa vain 3 % laitteen maksimista ja nopeus 20 %. Tämän johdosta alettiin selvittämään millä teholla kuvio pitää polttaa jotta laserin liike-nopeuden voi nostaa 100 prosenttiin. Tämä tehtiin valmistamalla 3D-viiluaihiosta 50*50 mm:n paloja, joihin poltettiin 5 millimetrin kuviota 30*30 millimetrin alueelle. (KUVIO 16)



KUVIO 16. Tehoprocentin ja nopeuden testipaloja.

Työstö oli näin pienellä alueella nopeaa ja paloista nähtiin suurennuslasilla, oliko lasersäde polttanut viilun läpi tai myös massaa osittain. Näiden testien aikana huomattiin myös kuinka tärkeää laserilla poltettaessa on poltettavan materiaalin paksuuden stabiilius. Jos materiaalin paksuus kasvoi, laserin polttopiste oli materiaalissa sisällä eikä sen pinnan tasalla ja tällöin polttojälki ei ollut terävä eikä riittävän syvä yltääkseen liima- ja tiivistemassaan. Koska käytettävä massa on elastista, ja viilut ovat yleisesti epätasaisia, ei paksuudeltaan täysin mittatarkkaa levyä ollut mahdollista saada aikaiseksi käytettävissä olevin välinein. Tämä näkyi massalla toteutetun 3D-viilun reunassa liimasauman paksuusvaihteluina ja keskellä levyä huonona leikkauksena, läpileikkauksena tai massakerroksen ollessa liian ohut leikattavan viilukappaleen irtoamisena kuten testipalassa 1 ja tässä on lisäksi ollut

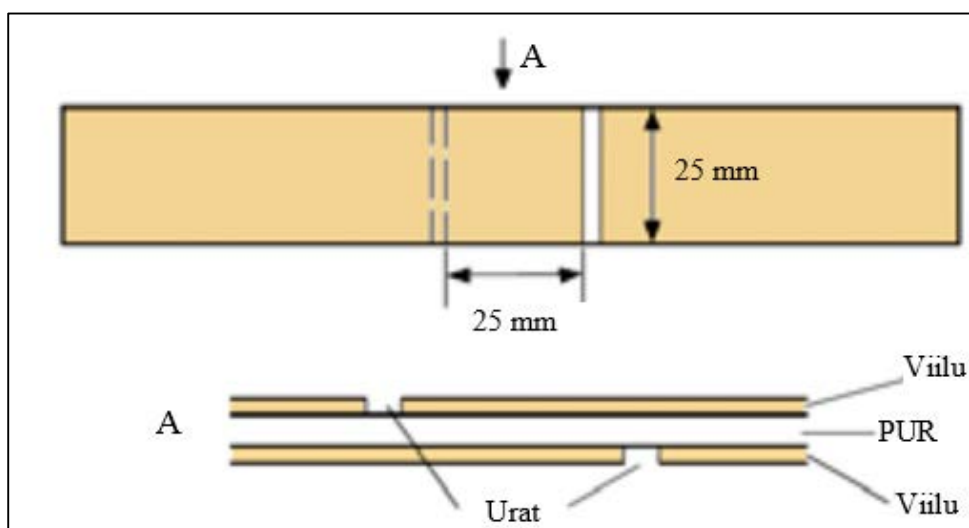
huomattavaa epätarkkuutta kappaleen asettelussa laserin työtasolle. Muutaman viilukappaleen irtoamisesta työstön aikana ei ole haittaa, jos viilua käytetään muotopuristeen ytimenä mutta pintaviiluissa kaikkien kappaleiden on pysyttävä paikallaan. Testipalassa 2 tehoprocentti oli liian pieni, eikä laser polttanut viilua massakerrokseen asti; tässä oli päästy kuitenkin oikealle teho/nopeusalueelle, ja testipalassa 3 löysimmekin jo oikeat arvot. Viimeisessä testipalassa on merkattuna arvot teholle ja nopeudelle, joita käytettiin loppujen kappaleiden työstössä. Tämä kappale on myös irrotettu aihioista, jotta nähtiin sen taipuminen ilman rajoittavia tekijöitä.

5 TESTAUKSET JA KOKEILUT

5.1 Puustamurtumatesti liima- ja tiivistemassalle

Liima- ja tiivistemassalle tehtiin standardinmukainen puustamurtumatesti, josta nähtiin sen venymä- ja liimaantumisominaisuuksia. Tämä testi tehtiin liima- ja tiivistemassalle kahdella eri saumapaksuudella: ensimmäisessä sauma oli puristettu täysin yhteen, eli liima- ja tiivistemassaa käytettiin normaalin liiman tapaan, ja toisessa saumapaksuudeksi jätettiin kaksi millimetriä. Puustamurtumatestiä käytetään tutkittaessa leikkauslujuutta syiden suuntaan ja tuloksista tulkitaan puustamurtumaprosentti.

Testit suoritettiin EN 314-1:1993 -standardia mukaillen. Testeissä jätettiin pois liimatun koekappaleen käsittely kiehuvaan ja huoneenlämpöisessä vedessä, millä simuloidaan liimasauman vanhenemista ja pitkään jatkuvan kosteuden kestävyttä. Koekappaleet olivat standardimittojen mukaisia ja seuraavassa kuva mallikappaleesta (KUVIO 17).

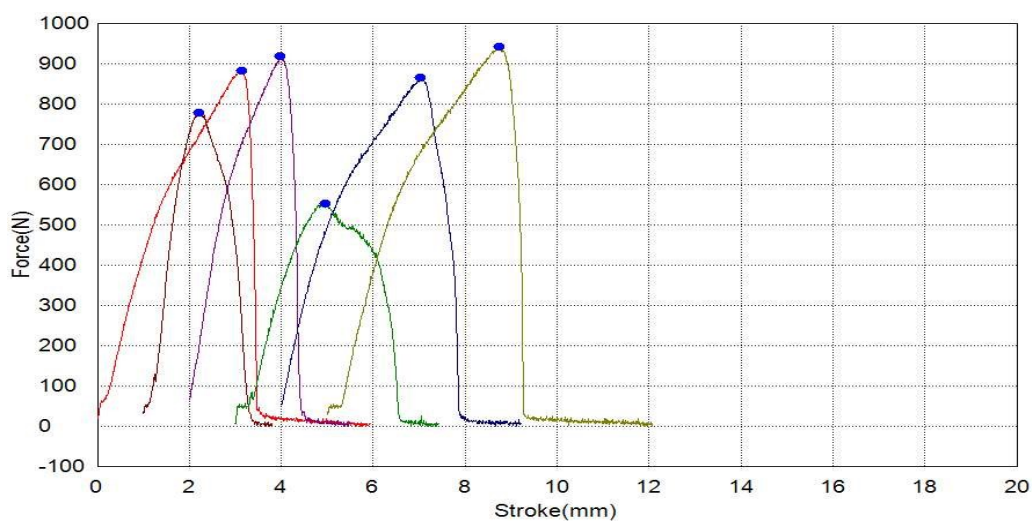


KUVIO 17. Puustamurtumatestin koekappale

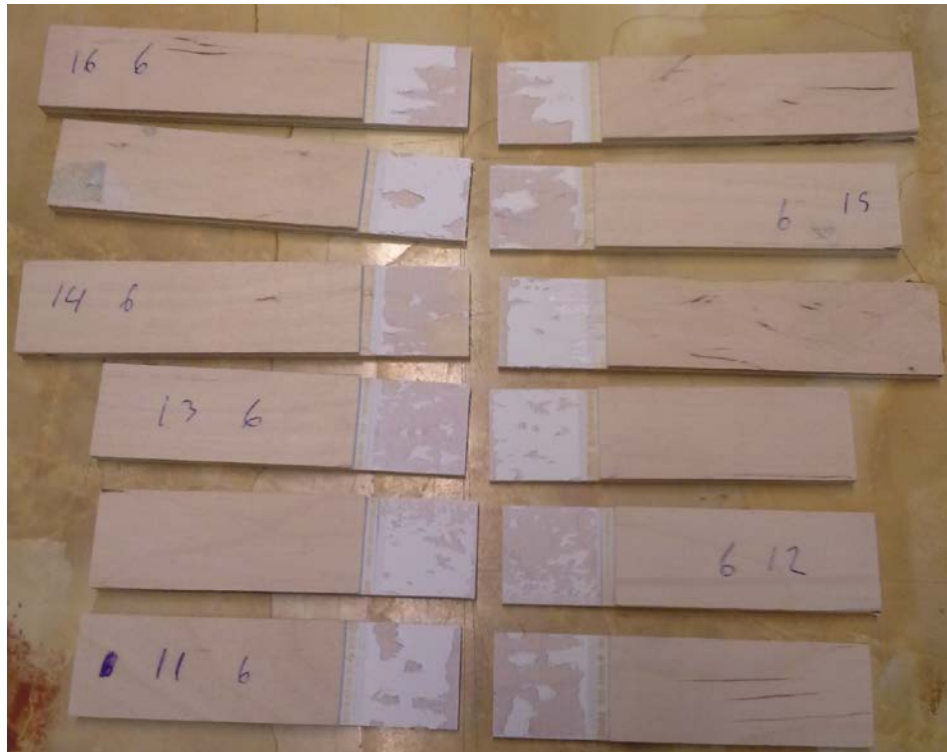
5.1.1 Testitulokset yhteenpuristetulla saumalla

TAULUKKO 1. Puustamurtumatestin tulokset kun liimasauma oli puristettu yhteen.

Test File Name	Puustamurtuma_6mm.xtai		Method File Name	vetoo.xmai
Report Date	18.11.2013		Test Date	18.11.2013
Test Mode	Single		Test Type	Tensile
Speed	10mm/min		Shape	Plate
No of Batches:	1		Qty/Batch:	6
Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Time
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	sec
6 _ 11	881,250	5,87500	3,14400	18,9000
6 _ 12	778,125	5,18750	1,20500	7,30000
6 _ 13	918,750	6,12500	1,97200	11,9000
6 _ 14	553,125	3,68750	1,95400	11,7500
6 _ 15	865,625	5,77083	3,03000	18,2500
6 _ 16	942,188	6,28125	3,72900	22,4000
Keskiarvo	860,937	5,73958	2,33775	14,0875



KUVIO 18. Koekappaleiden tulokset voiman ja matkan suhteessa.



KUVIO 19. Käytetyt koekappaleet

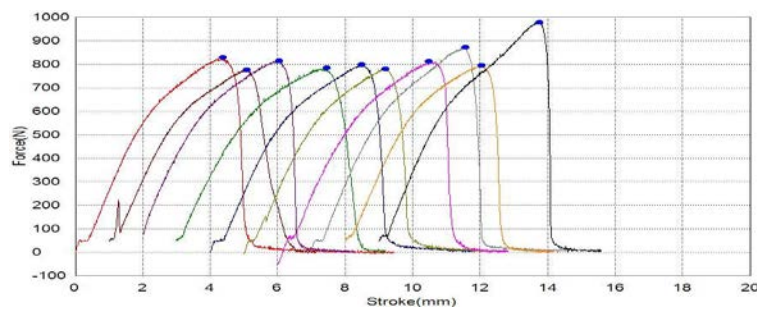
Analyysi

Testistä huomataan, että puustamurtumaa näissä koekappaleissa ei synny vaan liima- ja tiivistemassan muodostama liimasauma on kappaleen heikoin kohta. Lisäksi huomataan, että kappaleessa 6_14 on liimasaumassa ollut muita kappaleita heikompi liimaus, mistä johtuen kyseinen kappale on jätetty huomiotta keskiarvojen arvoja laskettaessa.

5.1.2 Testitulokset kahden millimetrin saumalla

TAULUKKO 2. Puustamurtumatestin tulokset kahden millimetrin paksuisella liimasaumalla.

Test File Name	Puustamurtuma_8mm.xtai	Method File Name	vetoo.xmai	
Report Date	19.1.2015	Test Date	18.11.2013	
Test Mode	Single	Test Type	Tensile	
Speed	10mm/min	Shape	Plate	
No of Batches:	1	Qty/Batch:	10	
Name	Max_Force	Max_Stress	Max_Stroke	Max_Time
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2	mm	sec
8 _ 1	828,125	4,73214	4,37100	26,2500
8 _ 2	775,000	4,42857	4,07000	24,4500
8 _ 3	814,063	4,65179	4,02900	24,2000
8 _ 4	784,375	4,48214	4,46300	26,8500
8 _ 5	798,438	4,56250	4,47800	26,9000
8 _ 6	779,688	4,45536	4,20300	25,2500
8 _ 7	810,938	4,63393	4,47900	26,9000
8 _ 8	871,875	4,98214	4,56100	27,4000
8 _ 9	795,313	4,54464	4,04500	24,3000
8 _ 10	978,125	5,58929	4,75400	28,5500
Keskiarvo	806,423	4,60813	4,29989	25,8333



KUVIO 20. Koekappaleiden tulokset voiman ja matkan suhteessa



KUVIO 21. Käytetyt koekappaleet

Analyysi

Edellisen kokeen tapaan tässäkin testissä ei syntynyt puustamurtumaa vaan liima- ja tiivistemassan muodostama sauma oli vetokokeessa kappaleen heikoin kohta. Liima- ja tiivistemassaa jäi koekappaleen molempiin osiin suunnilleen saman verran. Taulukon keskiarvon laskennassa on jätetty viimeinen koekappale 8_10 huomiotta sen rikkomiseen tarvittavan voiman huomattavan eron muihin kappaleisiin verrattuna takia.

5.2 3D-viilujen muotopuristuskokeilut

3D-viilua puristettiin alipainepuristimella muottiin, jolloin nähtiin sen taipuminen muotin mukaiseksi (KUVIO 22) ja havaittiin, että se taipuu muotin mukaiseksi ilman repeämistä tai pintaviilun kärsimistä.(KUVIO 23)



KUVIO 22. 3D-viilu; vakuumpuristus, 5mm kuvio



KUVIO 23. 3D-viilun taipuminen vakuumpuristuksessa.

Muotin lisäksi 3D-viilun taipumista tutkittiin laittamalla sen alapuolelle pöytää vasten marmorikuula ja liikuttamalla 3d-viilua kuulan päällä, painaen viilua kuulan ympäriltä pöytää vasten. Kuulan halkaisija oli noin 15 millimetriä, eikä viiluun syntynyt vaurioita, vaan se taipui kuulan mukaisesti.

6 3D-VIILUN TUOTEPROTOTYYPIT

3D-viilussa on monia mielikuvituksellisia mahdollisuuksia. Seuraavissa kappaleissa esitellään joitakin tuotekehityksen aikana keksittyjä.

6.1 Kulho

Kulhossa käytettiin kaksi 3d-viiluaihiota, jotka liimattiin päällekkäin PVAc-liimalla vakuumpuristuksessa muotin päällä. PVAc-liima jättää kulhon hieman taipuisaksi mutta pitää muodon ja palauttaa sen taivuttamisen jälkeen takaisin alkuperäiseksi.



KUVIO 24. 3D-viilusta taivutettu kulho

6.2 Kengänpohjallinen

3D-viilu soveltuu kengänpohjalliseksi, kun siitä jätetään toinen viilukerros pois ja tämä aihio kiinnitetään pohjallisen pintaan (KUVIO 25).

Hengittävyys kannalta ydinmateriaaliksi pitäisi saada jokin muu kuin PVC-muovi, tai se pitäisi saada rei'itettyä. Kalanterointilaitteella rei'ittäminen onnistuisi helposti kuviotyöstön ohessa. Ydinmateriaaliksi voisi soveltua myös jokin kangas.



KUVIO 25. 3D-viilu kengänpohjallisen pinnalla.

6.3 Näytepalat Lahden ammattikorkeakoululle

3D-viilusta tehtiin esittelypaloja (KUVIO 26) Lahden ammattikorkeakoulun käyttöön. Näytepaloissa on Lahden ammattikorkeakoulun logo ja teksti PUUTEKNIikka, 3D-viilun taivutus alueen lisäksi.



KUVIO 26. 3D-viilun esittelypala

7 YHTEENVETO

Projektin aikana kehitettiin kaksi eri materiaalia, joista tehtiin keksintöilmoitukset Lahden ammattikorkeakoululle. Projekti oli mielenkiintoinen ja vaati mielikuvituksen käyttöä erilaisia rakenteita ja ratkaisuvaihtoehtoja, sekä prototyyppituotteita suunniteltaessa.

Projektissa päästiin sille asetettuun tavoitteeseen, vaikka aikataulu venyikin odotettua pidemmäksi, ja sen aikana saatiin tietoa niin puumateriaalien käyttäytymisestä, muovilaaduista, muovien palamisreaktioista ja lasertyöstöstä.

7.1 Rakenteet

Rakenteen suunnittelu oli työssä helpoin vaihe, sillä siihen oli idea olemassa, eli se oli vain piirtämistä ja variointia vailla.

Taivutettavan puulevyn työstössä ongelmaksi muodostui kaksipuoleisten työstöjen kohdistaminen, massan saaminen työstettyjen urien pohjaan, sekä alkuperäisessä paksuviilurakenteessa välissä olevan muoviverkon ohuus.

3D-viilun osalta ongelmiksi projektin aikana paljastuivat liima- ja tiivistemassan levittäminen käytettävissä ollein välinein ja viilun mahdollinen repeäminen levitysvaiheessa. Myöskään kontaktiliiman käyttö ei ole paras mahdollinen tapa mutta se sopii pienimuotoiseen, epäjatkuvaan 3D-viilun toteutukseen. Teollisesti toteutettaessa löytyy varmasti tehokkaampia tapoja 3D-viilun toteuttamiseksi esimerkiksi kalanterointilaite kuvion työstämiseksi viilun molemmiin puolin yhdellä kertaa.

7.2 Lopputulema

Kummatkin tuotteet ovat käyttökelpoisia ja antavat tuotteille uutta ulkonäköä sekä helpottavat taivutettujen rakenteiden tuottamista. Sopivilla liimavalinnoilla voi vaikuttaa lopputuotteen jäykkyyteen liimattaessa 3D-

viilusta muotopuristeita ja pintaviilulla niille saa nykyisiä muotopuristeita vastaavan ulkonäön.

LÄHTEET

Haapalainen & Lindman. 2011. *Kokeellisen tuotekehityksen soveltuvuus huonekalualalle.* s.l. : Vaasan yliopisto, 2011. ISBN: 978-952-476-376-9.

Hevonkorpi, 2012. Laseropas KILT Oy. [Online] [Viitattu: 23. 4 2015.]
Saataavissa: http://www.kilt.fi/pics/Laseropas_KILT_Oy.pdf.

Hietikko, 2008 b. Tuotekehitystoiminta. Hietikko, Esa ja Savonia-ammattikorkeakoulun kuntayhtymä.

Hietikko, 2008. Tuotekehitystoiminta. Hietikko, Esa.

inno-vointi.fi, 2015. Inno-Vointi - Mitä ovat innovaatiot ja innovointi? [Online] [Viitattu: 10. 4 2015.] Saataavissa: <http://www.inno-vointi.fi/fi/innovoinnin-periaatteet/innovaatio-ja-innovointi-myos-julkisella-sektorilla>.

Jokinen, 2001. Tuotekehitys 500. Jokinen, Tapani.

Luovaksi.fi, 2014. Luova maailma: Ideointimenetelmiä. [Online] [Viitattu: 26. 3 2015.] Saataavissa: <http://www.luovaksi.fi/luova-maailma-ideointimenetelmia/>.

Muovimuotoilu, 2014. Valtamuovit. [Online] [Viitattu: 04. 12 2014.]
Saataavissa: <http://www.muovimuotoilu.fi/content/view/32/63/>.

PUM, 2013. PUM- Monialaiset rakenteet puutuotteiden valmistamiseen ja tehokkuuden lisäämiseen. [Online] [Viitattu: 23. 06 2013.]
<http://www.lamk.fi/puuri/esittely/Sivut/default.aspx>.

Päijät-Hämeen liitto, 2015. Hankerekisteri. [Online] [Viitattu: 7. 4 2015.]
Saataavissa: <http://www.paijat-hame.fi/fi/tehtavat/aluekehitys/hankerekisteri/?a=viewitem&itemid=506>.

Reunanen, 2011. Aalto yliopisto, perustieteiden korkeakoulu, Tuotantotalouden laitos; Idea taiteessa ja tuotekehityksessä. Reunanen, Jyrki.

Ryynänen, 2012 a. Lasertyöstö - IONIX. [Online] [Viitattu: 23. 4 2015.]

Saatavissa: <http://www.ionix.fi/teknologiat/lasertyosto/>.

Ryynänen, 2012 b. Laserleikkaus - IONIX. [Online] [Viitattu: 23. 4 2015.]

Saatavissa: <http://ionix.fi/teknologiat/lasertyosto/laserleikkaus/>.

Työterveyslaitos, 2011. PVC-muovin työstössä muodostuvien ilman epäpuhtauksien tavoitetasoperustelumuistio. [Online] [Viitattu: 04. 12 2014.] Saatavissa:

http://www.ttl.fi/fi/tyoturvallisuus_ja_riskien_hallinta/riskien_hallinta/ohjeavrot_tavoitetasot_haittatekij%C3%B6ille/tavoitetasot/Documents/PVC_tavoitetasomuistio_FINAL.pdf.

Wurth, 2004. LIIMA + TIIVISTEMASSA Tuoteseloste. [Online] [Viitattu: 04. 12 2014.] Saatavissa:

http://www.wurth.fi/site/media/pdf/tuoteselosteet/kemikaalit/LIIMA_TIIVISTEMASSA.pdf.

Välimaa, Veikko 1994. TUOTEKEHITYS Asiakastarpeesta tuotteeksi.

Välimaa, Kankkunen, Lagerroos, Lehtinen.